Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen.

Von Dr. A. Ritter v. **Liebenberg**,

Professor und Vorstand des landwirthschaftlichen Laboratoriums an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.

Als Endpunkt des Keimprocesses von Samen hat man gewöhnlich jenen Moment angesehen, in welchem das junge Pflänzchen im Stande ist, zu assimiliren und hatte man dabei vorzüglich die Assimilation von Kohlensäure mittelst der ersten grünen Blätter im Auge. Wann die Aufnahme von Aschenbestandtheilen aus dem Boden durch die Wurzeln der Keimpflanze, ob schon vor oder nach der Entwicklung der ersten Blätter stattfinde und ob und welche Vortheile allenfalls mit einer solchen Nährstoffaufnahme für das Pflänzchen verbunden sind, darüber liegen Erfahrungen nicht vor.

Man nahm schlechtweg an, dass, so lange Reservestoffe überhaupt noch im Samen nachweisbar sind, das Pflänzchen ausschliesslich auf Kosten dieser sich entwickeln könne, was zur Voraussetzung hat, dass in den Reservestoffen eines Samens die einzelnen Nährstoffe in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass bei dem Verbrauche des einen auch alle anderen erschöpft sind. Diese Annahme war auf ihre Richtigkeit zu prüfen und den ersten Schritt dazu that Böhm in seiner Untersuchung: „Über den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze.“ [1]

Er stellte sich folgende zwei Fragen:

1. Sind mineralische Nährstoffe für die Keimpflanze, so lange diese auf Kosten der Reservenahrung lebt, überhaupt nothwendig?

2. Ist das Mengenverhältniss der organischen und unorganischen Reservenahrung in Anbetracht der sicher wohl nur ein-

[1] LXXI. Bd. d. Sitzber. d. kais. Akad. d. Wiss. I. Abth., April-Heft, 1875.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

seitigen Abhängigkeit ein sich völlig deckendes, um alle vorhandene Stärke etc. zum Aufbau von Keimorganen zu verwenden?

Böhm experimentirte mit Samen von *Phaseolus multiflorus* und gelangte zu dem interessanten Resultate, dass die Keimpflanzen durch Erschlaffung und Verschrumpfung des Stengels unterhalb der Endknospe vor dem völligen Verbrauche der organischen Reservenahrung absterben, wenn ihnen nicht auf irgend eine Weise Kalk zugeführt wird. Die Keimlinge von *Phaseolus multiflorus* können also die Reservestoffe nur soweit zum Aufbaue ihres Körpers verwenden, als Kalk in ihnen vorhanden ist, es muss diesen das Pflänzchen von aussen aufnehmen können, um weiter wachsen zu können.

Böhm kommt weiter zu der Schlussfolgerung, dass der Kalk bei der Umbildung organischer Baustoffe in Formbestandtheile des Pflanzenleibes eine ebenso wichtige Rolle spiele, wie bei der Metamorphose des Knorpels in Knochen; dass also dem Kalke eine Function zukomme bei der Bildung der Zellwand, indem er das Skelett derselben liefere.

Ferner soll nach Böhm dem Kalke auch eine Rolle zufallen beim Transporte der Stärke aus den Reservekammern zu den natürlichen Verbrauchsstätten und bei Mangel an Kalk daher eine Stockung im Stärketransport, eine Ansammlung der Stärke in den unteren Internodien und Fehlen in den oberen eintreten.

Diese Resultate, die in erster Reihe natürlich nur für *Phaseolus multiflorus* Geltung haben, waren besonders dadurch ein werthvoller Beitrag zur Lehre von der Keimung, als durch sie auf ein genaueres Studium des Verhaltens der Aschenbestandtheile bei der Keimung hingewiesen wurde, welches Studium wieder nicht nur wichtige physiologische Thatsachen aufdecken, sondern auch beherzigenswerthe Winke für die Pflanzencultur geben konnte. In der letzten Zeit wurden die Untersuchungen von Böhm wiederholt von Dr. E. v. Raumer und Dr. Ch. Kellermann,[1] und zwar auch nur mit den Samen von *Phaseolus multiflorus*. Sie kamen im Wesentlichen zu den schon von Böhm

[1] Über die Function des Kalkes im Leben der Pflanze. Landwirthschaftliche Versuchsstation. 1880.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gefundenen Resultaten, glauben aber zu der Ansicht neigen zu müssen, dass der Kalk nicht den Transport der Stärke zu vermitteln, sondern eine Rolle zu spielen habe bei der Umsetzung der Reserve-, respective Assimilationsstoffe in Baustoffe, der Stärke in Cellulose.

Schon seit längerer Zeit hatte ich mir die Aufgabe gestellt, diesen Verhältnissen nachzuforschen, und war ein grosser Theil der Versuche zur Zeit des Erscheinens der letztgenannten Arbeit schon ausgeführt.

In der festen Überzeugung, dass durch das Studium des Verhaltens der Mineralstoffe bei der Keimung und bei der Ernährung der jungen Pflänzchen sich auch für die Pflanzencultur wichtige Thatsachen ergeben würden, unternahm ich die Versuche, welche den Inhalt dieser Arbeit ausmachen und wurde ich bei derselben auf das dankenswertheste durch meinen Assistenten Herrn Dr. v. Weinzierl unterstützt. Ich stellte mir folgende Fragen:

Sind die bisher gemachten Beobachtungen bei *Phaseolus multiflorus* richtig? Tritt der Fall, dass eine Kalkzufuhr den Keimpflanzen zum Verbrauche der Reservestoffe nothwendig ist, auch bei anderen Pflanzen ein? Ist nicht vielleicht neben dem Kalke eine Zufuhr anderer Mineralstoffe für die Keimpflanzen von Nutzen? Welche Aufgabe fällt dem Kalke beim Wachsthum der Pflanze zu? Die Untersuchungen, welche zur Beantwortung dieser Fragen angestellt wurden, lassen sich am besten in zwei Gruppen bringen. Die Versuche der ersten Gruppe sollten ergründen den Einfluss der Zufuhr oder des Mangels an Kalk und der übrigen für das Wachsthum der Pflanzen bekanntermassen unentbehrlichen Nährstoffe auf die Entwicklung von Keimpflanzen und den Verbrauch der Reservestoffe.

Die Versuche der zweiten Gruppe sollten beantworten die Frage nach der Function des Kalkes, beziehungsweise nach den Störungen im Pflanzenkörper bei mangelnder Kalkzufuhr.

Die ersten Versuche wurden gemacht mit Samen von *Phaseolus multiflorus*, da über dieselben Beobachtungen schon vorlagen, und daran reihten sich dann Experimente mit anderen Pflanzen aus verschiedenen Familien und wurde besonders auf die Verwendung ölhaltiger Samen Werth gelegt. Nach einigen wenig ermunternden Versuchen, die Keimpflänzchen in kalkfreiem

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Quarzsande zu cultiviren, entschloss ich mich, besonders mit Rücksicht auf die Beobachtung der Entwicklung des Wurzelsystems zur Anwendung der Wassercultur.

Die in Verwendung genommenen Glasgefässe waren mehrfach gebraucht, daher die Möglichkeit der Lösung von Stoffen aus der Glaswand nicht sehr bedeutend war und aus besonderer Vorsicht wurden die Gefässe noch einige Tage lang in Wasser gekocht. Die je nach Umständen grösseren oder kleineren Gefässe wurden mit Tüll überspannt, der sich sehr gut bewährte, nur war es nothwendig, denselben vor dem Gebrauche mit verdünnter Salzsäure zu waschen, um ihm den jedenfalls vom Bleichprocess anhaftenden Kalk zu nehmen, was auch vollständig gelang. Die Samen wurden durch 24 Stunden im destillirten Wasser eingequollen, dann in den Keimapparat und von da die Keimlinge, wenn die Würzelchen etwa 10 — 20 Mm. lang waren, auf das Netz der mit Wasser oder einer Lösung gefüllten Gefässe gebracht. Die grösste und peinlichste Vorsicht war nothwendig bei der Herstellung des destillirten Wassers und der Nährstofflösungen. Es wurden die Keimpflanzen cultivirt in destillirtem Wasser, in Wasser aus der Wiener Hochquellenleitung, in der Knop'schen Nährstofflösung, in derselben Lösung mit Hinweglassung des Kalkes und endlich in Lösungen, in denen die Nährsalze einzeln in derselben Concentration, wie sie sich in der completen Nährstofflösung fanden, gelöst waren.

Die Nährstofflösung war folgende:

$$\left.\begin{array}{l} KNO_3 \ldots\ldots 0{\cdot}456\,‰ \\ MgSO_4 \ldots\ldots 0{\cdot}270 \\ Ca(NO_3)_2 \ldots 0{\cdot}740 \\ HK_2PO_4 \ldots\ldots 0{\cdot}533 \end{array}\right\} 1{\cdot}999\,‰$$

$Fe(PO_4)_2$ wurde aufgegossen, nachdem die Pflänzchen in der Lösung waren. Die Nährstofflösung ohne Kalk hat natürlich wegen des Fehlens des $Ca(NO_3)_2$ nur eine Concentration von $1{\cdot}259\,‰$.

Die Lösungen der einzelnen darzureichenden Nährsalze zeigten folgende Concentrationen: $KNO_3 \ldots\ldots 0{\cdot}456\,‰$
$MgSO_4 \ldots\ldots 0{\cdot}270$
$Ca(NO_3)_2 \ldots 0{\cdot}740$
$HK_2PO_4 \ldots\ldots 0{\cdot}533$

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ein besonderes Augenmerk musste natürlich auf eine möglichst grosse Reinheit der Salze gelegt werden, vorzüglich mit Rücksicht auf die Abwesenheit des Kalkes, und wurden daher nur solche Präparate verwendet, welche auch auf spectralanalytischem Wege keinen Kalk in sich nachweisen liessen. Aus derselben Ursache musste auch das destillirte Wasser einen zweimaligen langsamen Destillationsprocess durchmachen, da erst dann das Wasser vollkommen kalkfrei war und mehrfache Versuche gelehrt hatten, dass das einmal destillirte Wasser genügend Kalk enthält, um die Keimpflanzen bis zum Verbrauche ihrer Reservestoffe wachsen zu lassen.

Die Cultur der Pflanzen geschah zum bei weitem grössten Theile im dunklen Raume, um die Assimilation auszuschliessen, und die Keimpflanzen nur auf die Reservestoffe anzuweisen; hie und da wurde auch ein Versuch im Lichte ausgeführt, um zu ermitteln, ob die im Dunkeln gefundenen Resultate sich auch hier wiederholen und dann, weil bei manchen Pflanzen die Beobachtungen des Processes wegen der Etiolirung in der Dunkelheit nur schwierig mit voller Genauigkeit durchzuführen waren.

Es braucht kaum erwähnt werden, dass von Zeit zu Zeit das destillirte Wasser sowohl, wie die Lösungen in den Gefässen gewechselt wurden. Sämmtliche Masse sind in Millimetern angegeben.

Phaseolus multiflorus.

1. Versuch.

Die Lösungen wurden in den schon früher angegebenen Concentrationen verwendet; die mit dem Ausdrucke „Kalküberschuss" bezeichnete Lösung, war eine nicht bestimmte, beiläufig 3—4% Lösung von $Ca(NO_3)_2$.

Die Gefässe wurden mit je acht Keimlingen besetzt, die in der Entwicklung der Hauptwurzel möglichst gleichmässig waren; der Stengel war noch nicht hervorgetreten. Die Pflanzen wurden zu wiederholten Malen gemessen, der Moment des Zugrundegehens bestimmt und schliesslich auch die Wurzellängen gemessen. Die wichtigsten Resultate gibt die Tabelle und sei noch besonders hervorgehoben, dass ich die Länge der kleinsten und grössten Stengel und Wurzeln anführe, um die grossen Unterschiede in der Entwicklung der einzelnen Individuen auch in einer und

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

derselben Lösung und damit den Werth der Durchschnittszahlen darzulegen. Der Versuch verlief im Dunklen.

Lösung	Stengellänge nach 8 Tagen			Stengellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzellänge, beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser . . .	55	25	43·7	85	35	58	115	100	105
$MgSO_4$	45	25	38·1	70	30	42·7	40	30	36·2
KNO_3	45	25	37·5	55	25	34·3	100	50	81·4
HK_2PO_4	45	25	31·3	70	35	48·3	120	70	100
Kalkfr. Nährstoffl. .	45	10	33·1	70	30	44·3	50	35	42·1
$Ca(NO_3)_2$	105	50	66·8	600	220	431·4	200	100	155·7
Kalküberschuss . .	80	30	54·3	730	390	453	350	200	220
Quellwasser	80	40	51·2	630	340	458·5	280	60	185·7
Nährstofflösung . . .	75	35	50	670	350	457·5	300	150	228·7

Durch diesen Versuch wurde zunächst die Richtigkeit der bisher von Böhm, Raumer und Kellermann gemachten Beobachtungen an *Phaseolus multiflorus* bewiesen. Zuerst, und zwar nach 12 Tagen starben die Keimlinge in der kalkfreien Nährstofflösung und in $MgSO_4$ ab, dann nach 14 Tagen die in KNO_3, nach 15 Tagen in HK_2PO_4, nach 16 Tagen im destillirten Wasser. Die Cotyledonen dieser Keimlinge waren noch ganz prall und mit Stärke vollgepfropft. Im Hochquellenwasser und den drei kalkhältigen Lösungen wuchsen die Bohnen freudig bis zur vollkommenen Erschöpfung der Reservestoffe in den Cotyledonen, welcher Moment beiläufig nach 32 Tagen eingetreten war.

Wie auch schon von Böhm beobachtet wurde, trat bei einigen wenigen Exemplaren der Fall ein, dass sie im destillirten Wasser und in den kalkfreien Lösungen eine bedeutend grössere Länge erreichten, als die anderen Pflanzen; diese einzelnen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Individuen, die aber doch immer vor der Erschöpfung der Reservestoffe abstarben, wurden bei der Berechnung ausgeschlossen, weil durch die hohen Zahlen dieser wahrscheinlich aus kalkreicherem Samen hervorgegangenen Pflanzen die richtigen Durchschnittszahlen stark verdunkelt worden wären.

Das Absterben geht auf ganz charakteristische Weise vor sich. In vielen Fällen beobachtet man, und das wird merkwürdigerweise von den früheren Versuchsanstellern nicht erwähnt, den Austritt eines grossen oder mehrerer kleineren Tropfen an der inneren Seite der Nutationskrümmung oder knapp unter dieser. Immer bekommt der Stengel, und wenn ein Tropfenaustritt, der übrigens leicht übersehen werden kann, stattfindet, gleichzeitig mit diesem, an dieser Stelle, und zwar entweder nur auf der inneren Seite oder dem ganzen Umfange nach ein glasiges, durchscheinendes Ansehen, worauf ein Collabiren und, je nach Umständen, Faulen oder Trocknen des Stengels, eintritt, das sich bis zu den Cotyledonen herab verbreitet.

Wenn man ferner die Zahlen für die Stengellängen in den kalkhältigen Lösungen betrachtet, kommt man zu dem Schlusse, dass auch diese einander fast gleich sind, und dass der Kalk allein genügt, um den Verbrauch der Reservestoffe zu veranlassen, dass weiter eine verhältnissmässig geringe Kalkmenge, wie sie im Hochquellenwasser enthalten ist, dazu ausreicht, und dass eine Zufuhr anderer Mineralbestandtheile für die Pflanze in diesem Stadium ihrer Entwicklung nicht von Bedeutung ist. Aus der Reihe der mit der Feuerbohne ausgeführten Versuche sei noch ein Beispiel angeführt, bei dem Lösungen von der halben Concentration der gewöhnlichen verwendet wurden. Es wurde damit beabsichtigt, die schädigende Wirkung der kalkfreien Lösungen auf die Wurzeln zu vermindern, ohne dass dies aber gelungen wäre.

2. Versuch.

Wie der vorige wurde auch dieser Versuch im Dunkeln gemacht.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lösung	Stengellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser ...	35	25	31	110	60	86
$MgSO_4$	20	65	37·4	45	50	50
KNO_3	20	75	42·5	45	100	60
HK_2PO_4	20	40	28·3	65	120	83·3
Kalkfr. Nährstoffl.	10	40	24·6	35	50	41
$Ca(NO_3)_2$	370	760	513·3	150	230	198·3
$Ca(NO_3)_2$ 2·5%	400	620	495	210	300	255
Quellwasser	400	680	502	250	330	300
Nährstofflösung...	350	500	422	200	250	270

Bedeutende Unterschiede zeigten sich in der Beschaffenheit des Wurzelsystems. Während in $MgSO_4$ und in der kalkfreien Nährstofflösung die Pfahlwurzel braun, etwas verdickt und verkrümmt, zum Theile verfault und ganz ohne Nebenwurzeln war, waren im destillirten Wasser, in KNO_3 und HK_2PO_4 die Pfahlwurzeln wohl auch etwas bräunlich, hatten aber reichlich Nebenwurzeln erster Ordnung, dagegen nur sehr wenige und dabei sehr kurze Nebenwurzeln zweiter Ordnung. In den kalkhältigen Flüssigkeiten waren die Wurzeln sehr reichlich entwickelt und von weisser Farbe. Ich werde später nachzuweisen haben, dass die Ursache des Absterbens der Pflänzchen nicht in der schädlichen Wirkung der kalkfreien Lösungen auf das Wurzelsystem zu suchen ist, wenn auch diese Schädigung schon durch den blossen Anblick zu constatiren ist. Diese Beschädigung des Wurzelsystems muss natürlich einen gewissen Einfluss auf die Entwicklung des Stengels haben, doch scheint derselbe nicht sehr bedeutend zu sein, da, wie die Tabelle zeigt, längere und gute Wurzeln durchaus nicht immer längere Stengel mit sich

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bringen als kürzere und schlechte, braune Wurzeln. Aus diesem Versuche geht jedenfalls hervor, dass die Keimpflanzen von *Phaseolus multiflorus* ihre Reservestoffe nicht erschöpfen, wenn ihnen die Aufnahme von Kalk nicht möglich ist. Wenn man dann die in den kalkfreien Medien von den Pflanzen erreichten Stengellängen mit einander vergleicht und dabei die grossen Differenzen zwischen der grössten und kleinsten Pflanze in ein und derselben Lösung berücksichtigt, so ist man wohl zu dem Schlusse berechtigt, dass die Pflanzen in allen diesen kalkfreien Lösungen durchschnittlich die gleiche Höhe bis zum Absterben erreicht haben und dass diese Höhe bestimmt ist durch die in den Samen vorhandenen Kalkmengen.

Das Resultat war bei dem 2. Versuche sowohl mit Bezug auf die Erschöpfung der Reservestoffe wie auf die Entwicklung des Wurzelsystems ganz dasselbe wie bei dem 1. Versuche, und kann auch hier angenommen werden, dass die Stengelentwicklung in den kalkhaltigen Lösungen einerseits und in den kalkfreien andererseits die gleiche war, also im letzteren Falle bedingt war durch die in den Samen vorhandenen Kalkmengen.

Über das Wachsthum von Bohnenkeimlingen in Lösungen anderer Kalksalze als $Ca(NO_3)_2$ wurden keine Untersuchungen angestellt, da schon Böhm nachgewiesen hatte, dass neben salpetersaurem der phosphorsaure, kohlensaure und schwefelsaure Kalk die gleiche günstige Wirkung ausüben. Vom Cl_2Ca dagegen führt Böhm an, dass es nicht anders auf die Entwicklung der Keimpflanzen wirkt, wie destillirtes Wasser. Es ist mir dagegen gelungen, und zwar in wiederholten Versuchen jedesmal Keimlinge von *Phaseolus multiflorus* in schwachen Lösungen von Cl_2Ca bis zum Verbrauche der Reservestoffe zur Entwicklung zu bringen, wo sie ein ebenso schönes Wurzelsystem entwickelten, wie in den anderen kalkhältigen Lösungen.

3. Versuch; ausgeführt im Dunkeln.

	Stengel-	Wurzel-
	Länge	
Cl_2Ca	beim Erschöpfen der Reservestoffe	
$0{\cdot}74^{0}/_{00}$	400	212
1·5	552·8	177·1
10·0	554·2	155·7

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Phaseolus vulgaris.

Die Versuchsanstellung war hier wie bei den anderen Samen, wenn nicht eine Abänderung bemerkt wird, die gleiche wie bei *Phaseolus multiflorus.*

4. Versuch; ausgeführt im Dunkeln.

Lösung	Länge des hypocot. Gliedes nach 9 Tagen	Hypoc. Glied- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzel-		
		Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser....	21·6	80	20	45	120	70	90·8
Kalkfr. Nährstoffl..	29·2	40	25	29·2	80	50	67·8
$Ca(NO_3)_2$.....	31·3	220	150	192	140	103	129·6
Nährstofflösung...	26·3	240	170	199	185	150	167

Im destillirten Wasser und in der kalkfreien Nährstofflösung wurden die Reservestoffe bei weitem nicht verbraucht und die Pflanzen gingen zu Grunde, indem knapp unter den Cotyledonen das hypocotyle Glied unter Austritt von Tropfen glasig und dann faulig wurde. Im destillirten Wasser waren die Wurzeln weiss und hatten Nebenwurzeln 1. Ordnung, in der kalkfreien Nährstofflösung waren sie schwach braun und waren nur einige wenige Nebenwurzeln vorhanden. In den beiden kalkhältigen Lösungen war das Wachsthum ein ganz normales, und geht aus diesem Versuche hervor, dass auch bei *Phaseolus vulg.* Kalkzufuhr für den Verbrauch der Reservestoffe nothwendig ist, und dass Kalk allein genügt, denn die Pflanzen wurden gleich gross, ob nun Nährstoffe neben dem Kalke vorhanden waren oder nicht.

Ganz gleiche Resultate, sogar mit genau denselben Zahlen für die Grössen der Pflanzen, zeigten andere Versuche, und es sei nur noch erwähnt, dass, wenn die Pflanzen im Lichte cultivirt wurden, die Resultate nicht abgeändert wurden, nur ist natürlich

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in Folge des langsameren Wachsthums der Eintritt des Absterbens ein späterer, dass ferner bei grösserer Wärme und grösserer Feuchtigkeit das Absterben schneller eintritt.

Pisum sativum.

5. Versuch; ausgeführt im Dunkeln.

Lösung	Länge des Stengels nach 12 Tagen			Stengellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser ...	55	20	37·7	90	40	56	90	30	70·7
$MgSO_4$	45	25	36·2	45	20	34·5	37	25	29·5
KNO_3	55	20	39·1	55	30	40·7	60	30	36·4
HK_2PO_4	50	25	31·6	65	30	43	60	40	56·2
Kalkfr. Nährstofffl..	55	20	36·2	50	20	35·6	50	30	36·8
$Ca(NO_3)_2$	115	80	95·8	400	200	293·3	220	140	185
$Ca(NO_3)_2$ 2·5% ...	120	30	77·5	380	280	325·7	200	140	167·1
Quellwasser	80	55	69·3	400	290	348·7	280	150	191·2
Nährstofffl.	90	70	79·3	340	250	274·2	310	190	254·2

In den Lösungen, denen der Kalk fehlte, sind die Pflanzen abgestorben lange bevor eine Erschöpfung der Reservestoffe eingetreten wäre; in den kalkhältigen Medien war die Entwicklung normal, es ist also auch bei der Erbse Kalkzufuhr in den jüngsten Lebensstadien nothwendig. Wenn wir die Grösse der Pflanzen nach 12 Tagen in den kalkfreien und kalkhältigen Medien betrachten, so ergibt sich, dass schon zu dieser Zeit, wo ein Absterben der Pflanzen noch nicht stattfand, die Kalkzufuhr einen bedeutenden Einfluss auf die Keimlinge gehabt hat, dass diese bei Anwesenheit von Kalk gleich in den ersten Tagen üppiger gewachsen waren.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Aus der fast gleichen Grösse der Pflanzen beim Absterben ist wieder der Schluss zu ziehen, dass das Mass der Entwicklung dieser Pflanzen durch den Kalkgehalt der Samen gegeben war.

Die Wurzelentwicklung war wie bei den Bohnen, in $MgSO_4$ und in der kalkfreien Nährstofflösung fehlten alle Nebenwurzeln und die verkümmerte Hauptwurzel war braun und faul, im destillirten Wasser, in KNO_4 und HK_2PO_3 waren die Hauptwurzeln mit den Nebenwurzeln 1. Ordnung ziemlich gut, zum Theil recht gut entwickelt, wenn auch ein wenig bräunlich; bei Anwesenheit von Kalk war die Wurzelentwicklung normal. Auch die Erscheinung des Absterbens war die schon bei *Phaseolus multiflorus* beschriebene, nämlich Austritt eines Tropfens an der inneren Seite der Nutationskrümmung, worauf ein Durchsichtigwerden und dann Faulen einer grösseren oder kleineren Stelle eintritt.

Den Versuch mit *Pisum sativum* wiederholte ich mit der Modification, dass die Erbsenkeimlinge aus dem Keimapparate zuerst durch drei Tage in Hochquellwasser gegeben und von da erst, nachdem sie eine Höhe von 10—20 Mm. erreicht hatten, in die verschiedenen Flüssigkeiten übertragen wurden. Es geschah dies einerseits, um möglichst gleich grosse Keimlinge zu einem Versuche verwenden zu können und anderseits, um den Einfluss zu beobachten, den die Möglichkeit der Kalkaufnahme durch drei Tage aus dem Hochquellenwasser auf die Pflanze hatte.

6. Versuch; im Dunkeln gemacht.

Lösung	Stengellänge nach Tagen		Stengellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	12	17	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser	124	186	220	160	186	90	60	82
$MgSO_4$	101	119	225	120	159·4	60	30	45·5
KNO_3	118	139	210	80	161·4	70	50	54·5
HK_2PO_4	136·5	192	260	130	188·3	120	80	101·6
Kalkfr. Nährstoffl....	140	180	200	130	169	70	50	62·5
$Ca(NO_3)_2$	118·5	224	460	230	371	230	150	179
$Ca(NO_3)_2$ 2·5%	108	192	520	320	401	220	110	174
Quellwasser	124	227·7	430	240	351	230	90	166
Nährstoffl.	149·5	270	450	390	425	260	180	212

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Beschaffenheit der Wurzeln war die gleiche, wie bei dem vorhergehenden Versuche; auch die Resultate sind dieselben, nur ist hier der Einfluss wahrnehmbar, den das dreitägige Wachsthum im Hochquellenwasser ausübte. Die Pflanzen in den kalkfreien Medien haben ihre Reservestoffe zwar nicht verbraucht und sind abgestorben, sie sind aber grösser geworden als dies im fünften Versuche der Fall war, weil sie Gelegenheit hatten eine gewisse Menge von Kalk aus dem Hochquellenwasser in sich aufzunehmen.

Genau dieselben Verhältnisse konnten auch constatirt werden, wenn die Erbsen im Lichte wuchsen. In einem Falle z. B. starben die Pflanzen im destillirten Wasser ab bei einer Höhe von 30 Mm., während die Pflanzen im Hochquellenwasser eine Höhe von 140 Mm. hatten und schliesslich ihre Reservestoffe vollkommen verbrauchten.

Vicia sativa.

Die Versuche mit der Wicke wurden nur ausgeführt bei Anwendung von destillirtem und Hochquellenwasser, und zwar sowohl im Dunkeln wie im Lichte. Die Resultate waren nicht abweichend von den bei den vorhergehenden Pflanzenarten gewonnenen. Im Dunkeln stehend, erreichten die Pflanzen im destillirten Wasser bis zum Absterben ohne Verbrauch der Reservestoffe eine durchschnittliche Höhe von 42·5 Mm., im Lichte von 54·5 Mm., die Pflanzen im Hochquellenwasser im ersten Falle eine Höhe von 66·7 Mm., im zweiten Falle von 62 Mm. und verbrauchten schliesslich den Inhalt der Cotyledonen.

Auch unter den Wicken findet sich hie und da ein Individuum, welches im Stande ist, auch im destillirten Wasser so lange zu wachsen, bis die Reservestoffe verbraucht sind; jedenfalls ist ein solches mit einer grösseren Menge von Kalk, als die übrigen, versehen.

Ervum Lens.

Die Versuche mit *Ervum Lens*, die zu wiederholtenmalen im Dunkeln gemacht wurden, gaben regelmässig das Resultat, dass in den kalkfreien Lösungen die Pflanzen lange vor dem Verbrauche der Reservestoffe bei einer Höhe von 30—40 Mm. unter den gewöhnlichen Erscheinungen des Tropfenaustrittes, des Glasigwerdens und Faulens zu Grunde gingen. In den kalkhaltigen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lösungen erreichten die Pflanzen eine bedeutend grössere Länge, zeigten aber plötzlich die Erscheinung des Absterbens an derselben Stelle wie die aus den kalkfreien Medien, obwohl die Cotyledonen noch prall waren; sofort begannen aber sehr lebhaft Seitentriebe zu wachsen, die wieder zu Grunde gingen, worauf neue Triebe sich bildeten und das ging so lange fort, bis die Reservestoffe der Cotyledonen vollkommen erschöpft waren.

Ein Versuch im Lichte zeigte, dass dieses abnorme Verhalten der Pflanzen in den kalkhaltigen Lösungen bei Anwesenheit von Licht nicht eintritt, gleichgiltig, ob die Pflanzen in einem feuchten oder trockenen Raume sich befinden. Eine Erklärung für dieses verschiedene Verhalten der Pflanzen kann nicht gegeben werden, vielleicht hängt die Erscheinung mit dem raschen Wachsthum der Pflanzen im Dunkeln zusammen.

7. Versuch; ausgeführt im Lichte.

Lösung	Stengellänge			Wurzellänge		
	beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe					
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser....	80	17	35	50	20	38·2
Kalkfr. Nährstoffl. .	47	20	28·4	50	30	41
$Ca(NO_3)_2$.....	110	70	85·6	110	50	78·1
Nährstoffl.....	120	90	108·1	160	120	143·1

In der kalkfreien Nährstofflösung waren die Hauptwurzeln bräunlich und hatten wenige, sehr kurze Nebenwurzeln; im destillirten Wasser waren die Hauptwurzeln weiss, die Nebenwurzeln gering an Zahl; etwas, aber nicht sehr viel besser war das Wurzelsystem im Kalk und ganz normal war es in der completen Nährstofflösung.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

8. Versuch; im Lichte gemacht.

Lösung	Stengellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzellänge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser....	50	25	38·3	55	30	41·1
$MgSO_4$.....	45	25	37·7	40	28	33·1
KNO_3.....	100	25	40·2	50	20	37·7
HK_2PO_4	40	20	31·1	60	40	52·4
Kalkfr. Nährstoffl..	45	35	38·6	50	35	43·8
$Ca(NO_3)_2$.....	180	80	96·6	100	50	78·8
$Ca(NO_3)_2$ 2·5% ...	190	100	133·8	60	35	46·6
Quellwasser	120	90	108·8	110	70	88·8
Nährstoffl.....	135	100	113·8	130	90	116·1

Die Beschaffenheit der Wurzeln war dieselbe wie bei dem vorhergehenden Versuche und schliessen sich diese beiden im Lichte ausgeführten Versuche in ihren Resultaten vollkommen an die mit den früher genannten Pflanzenarten ausgeführten an.

Ervum Ervilia.

Auch bei dieser Pflanzenart tritt das bekannte Absterben der Pflanzen in kalkfreien Lösungen vor dem Verbrauche der Reservestoffe ein.

Medicago sativa.

Die Pflänzchen wurden im Dunkeln gezogen und zwar wegen ihrer Kleinheit, und weil die Erfahrung gelehrt hatte, dass bei dem raschen Wachsthum und der geringen Wurzelentwicklung die Pflanzen leicht vertrocknen im feuchten Raume.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

9. Versuch.

Lösung	Hypocot. Glied nach 10 Tagen			hypocot. Glied-			Wurzel-		
				Länge beim Erschöpfen oder Absterben der Reservestoffe					
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser...	.	.	35	55	30	43·6	25	10	16
Kalkfr. Nährstoffl..	.	.	35	55	30	43	15	10	10·7
$Ca(NO_3)_2$	.	.	40	80	50	60	45	20	34·4
Nährstoffl.	.	.	55	80	55	67·7	40	20	28·3

Es trat hier der Fall ein, dass nicht nur in den kalkfreien Medien die Pflanzen zu Grunde gingen vor Erschöpfung der Reservestoffe, sondern auch die in der nur Kalk enthaltenden Lösung, während die Pflanzen in der completen Nährstofflösung ihre Reservestoffe verbrauchten, ohne allerdings wesentlich grösser zu werden, als bei alleiniger Anwesenheit von Kalk. Es scheint, dass hier neben dem Kalke noch ein anderer Nährstoff nothwendig ist, um den vollständigen Verbrauch der Reservestoffe zu bewirken.

Polygonum fagopyrum.

Bei *Polygonum fagopyrum* war es mit einigen Schwierigkeiten verbunden, zu einem sicheren Resultate zu gelangen, da die ersten Culturen alle zu Grunde gingen. Erst als die Pflanzen in einer feuchten Atmosphäre gezogen wurden, erhielten sie sich bis zum Abschlusse des Versuches.

10. und 11. Versuch.

Der 10. Versuch wurde im Dunkeln, der 11. im Lichte gemacht.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lösung	Hypocot. Glied nach 7 Tagen, resp. 11 Tagen			Hypocot. Glied-			Wurzel-		
				Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe					
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
10. Versuch.									
Destill. Wasser ..	27	12	20	135	110	121	80	45	68
Kalkfr. Nährstoffl.	50	20	35·2	50	20	35·2	35	25	30·2
$Ca(NO_3)_2$	50	22	35·6	170	85	125·6	115	40	68·1
Nährstoffl.....	40	25	33·8	155	100	135	125	56	97·6
11. Versuch.									
Destill. Wasser ...	50	20	33·4	70	40	53·5	110	80	92
Kalkfr. Nährstoffl.	70	40	47·1	70	40	48·3	60	36	54·3
$Ca(NO_3)_2$	50	32	43·8	70	50	58·5	130	100	117·5
Nährstoffl.....	70	45	59·1	120	60	90·8	170	90	126·2

Die Pflanzen, welche in der kalkfreien Nährstofflösung wuchsen, gingen unter den bekannten Erscheinungen vor der Erschöpfung der Reservestoffe zu Grunde; die Pflanzen im destillirten Wasser gingen merkwürdigerweise nicht zu Grunde und verbrauchten ihre Reservestoffe, wie die in kalkhaltigen Lösungen gezogenen. Es lässt sich diese Erscheinung wohl in der Weise erklären, dass in der kalkfreien Nährstofflösung durch die Anwesenheit der Nährstoffe in der Pflanze ein stärkerer Kalkverbrauch und damit eine Erschöpfung des Kalkes vor dem Verbrauche der Reservestoffe stattgefunden hat. Im destillirten Wasser fehlten die Nährstoffe, die Pflanzen wuchsen langsamer und es wurden alle Aschenbestandtheile des Samens gleichmässig verbraucht.

Es folgt daraus, dass bei *Polygonum fagopyrum* die Reservestoffe im richtigen Verhältnisse zu einander stehen und dass in

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der kalkfreien Nährstofflösung in Folge Anwesenheit der Mineralstoffe eine Luxusconsumtion an diesen und zugleich auch an dem in der Pflanze vorhandenen Kalke stattgefunden hat. Für das richtige Verhältniss der Reservestoffe zu einander spricht auch noch die Thatsache, dass der Kalk allein kein wesentlich stärkeres Wachsthum hervorgerufen hat, wohl aber sämmtliche Aschenbestandtheile zusammen. Es folgt aber weiter aus den Versuchen, dass bei *Polygonum fagopyrum* jedenfalls der Kalk in den Samen in zum Verbrauche relativ geringster Menge vorhanden ist, denn Kalk in der Lösung allein hat eine raschere Erschöpfung der Pflanzen an den übrigen Aschenbestandtheilen nicht hervorgerufen, wohl aber ist der umgekehrte Fall eingetreten.

Von besonderem Interesse musste bei der Bearbeitung der vorliegenden Fragen das Verhalten ölhaltiger Samen sein, um so mehr, da die früher genannten Forscher sich mit solchen nicht beschäftigt hatten. Es war zu erwarten, dass dieselben einen wichtigen Beitrag liefern würden zur Ergründung der schon mehrfach beschriebenen Erscheinung.

Die ersten Versuche wurden angestellt mit Samen von *Ricinus africanus* und stellte sich dabei heraus, dass damit ein ganz vorzügliches Versuchsobject gewonnen wurde.

Ricinus africanus.

12. Versuch; im Dunkeln.

Lösung	Länge des hypocot. Gliedes nach 11 Tagen			Hypocot. Glied-			Wurzel-		
				Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe					
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser . . .	40	15	31·2	50	20	38·7	90	40	65
$MgSO_4$	Die Wurzeln und dann die Keimlinge verfault.								
KNO_3	40	30	35	45	30	36·2	80	55	63·7
HK_2PO_4	40	35	38·3	45	40	41·6	80	60	66·6
Kalkfr. Nährstoffl..	20	10	13·3	20	10	15	30	30	30
$Ca(NO_3)_2$	50	35	43·7	210	150	180	130	100	115
$Ca(NO_3)_2 - 2·5\%$.	45	25	38·7	?	?	?	?	?	?
Quellwasser	65	40	48·7	140	110	125	120	100	110
Nährstoffl.	80	65	68·7	300	280	290	200	170	183·3

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

13. Versuch.

Zu diesem Versuche, der ebenfalls im Dunkeln ausgeführt wurde, wurden, um die Schädlichkeit der Lösungen für die Wurzeln zu vermindern, dieselben nur mit der halben Concentration verwendet.

Lösung	Länge des hypocot. Gliedes nach 10 Tagen			Hypocot. Glied-			Wurzel-		
				Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe					
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser . . .	35	15	26·2	45	30	36·6	55	35	43·3
$MgSO_4$	30	15	22·5	50	35	42·5	90	20	61·2
KNO_3	30	25	26·2	30	25	26·2	60	35	53·7
HK_2PO_4	30	15	26·2	55	35	45	100	30	72·5
Kalkfr. Nährstoffl.	30	25	28·7	50	30	42·5	50	32	43
$Ca(NO_{3/2}$	50	35	42·5	230	110	160	150	100	125
$Ca(NO_{3/2}$ — 1·5% .	25	15	18·7	140	90	122·5	110	80	97·5
Quellwasser	40	40	40	170	120	150	160	150	152·5
Nährstoffl.	60	25	46·2	290	215	260	200	170	187

Beide Versuche stimmen in ihren Resultaten vollkommen überein. Die Wurzeln waren in der Lösung von $MgSO_4$ im ersten Falle ganz faul, im zweiten gelb und ohne Nebenwurzeln. In den übrigen kalkfreien Medien zeigten die Wurzeln sehr wenig Nebenwurzeln 1. Ordnung, waren anfangs weiss und fest, wurden aber dann gelblich und stellenweise faul. In den kalkfreien Medien gingen, wie die Tabellen lehren, die Pflanzen lange vor Erschöpfung der Reservestoffe zu Grunde und zwar zu einer Zeit, wo die Cotyledonen noch vollkommen von der Samenschale und dem Endosperm eingeschlossen waren und das hypocotyle Glied die Cotyledonen von der Unterlage noch nicht in die Höhe gehoben hatte. Das Absterben war hier in einer ausserordentlich präg-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

nanten Form zu beobachten, und zwar begann dasselbe immer auf der inneren Seite der Biegung des hypocotylen Gliedes. Zuerst trat ein mehr oder minder grosser Tropfen und Glasigkeit auf, worauf die Stelle sehr schnell schwarz wurde, und dann das ganze Glied zu faulen begann; wurden die Pflanzen einer mehr trockenen Luft ausgesetzt, so konnte das plötzliche Collabiren der Stelle nach dem Eintritt der Glasigkeit sehr gut beobachtet werden. Hie und da fand auch nur eine Einschnürung des Gliedes statt, der obere Theil starb ab, während der untere Theil sich einige Zeit frisch erhielt. Wenn wir die schädigende Wirkung der $MgSO_4$ und der kalkfreien Nährstofflösung beim ersten Versuche in Rechnung ziehen, und das Zurückbleiben der Pflanzen im KNO_3 beim zweiten Versuche compensiren mit der normalen Entwicklung im ersten, so kommen wir zu dem Schlusse, dass die Entwicklung der Keimlinge in den kalkfreien Medien eine sehr gleichmässige war, sowohl in den ersten Tagen, als auch später bis zum letzten Tage; gewiss ein guter Beweis, dass die Grösse der Entwicklung bedingt war durch die Menge des im Samen enthaltenen Kalkes.

In den kalkhaltigen Lösungen haben die Ricinuspflanzen die Reservestoffe vollkommen erschöpft und sich kräftig entwickelt; ein Umstand ist dabei in die Augen springend, der, dass bei beiden Versuchen die Pflanzen in der completen Nährstofflösung bedeutend grösser wurden, als in den anderen kalkhaltigen Flüssigkeiten. Es berechtigt diese Erscheinung zu dem Schlusse, dass schon vor dem Verbrauche der Reservestoffe für die Ricinuspflanzen nicht nur die Zufuhr von Kalk nothwendig, sondern auch die der anderen Aschenbestandtheile (vielleicht auch nur eines?) vortheilhaft ist. Es ist schliesslich noch zu bemerken, dass im Lichte, sowie auch bei der Cultur im kalkfreien Sande sich die Pflanzen ganz ebenso wie im Dunkeln und in den Lösungen erhalten haben.

Soja hispida.

Auch bei dieser ölhaltigen Pflanze zeigten die ausgeführten Versuche dieselben Erscheinungen wie bei den bisher behandelten Pflanzen, — und zwar geschah das Glasigwerden und Faulen der Pflanzen am hypocotylen Gliede einige Millimeter unterhalb der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Cotyledonen. Es sei nur ein im Dunkeln gemachter Versuch angeführt.

14. Versuch.

Lösung	Hypocot. Glied nach 7 Tagen			Hypocot. Glied- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzel- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser ...	50	30	43·5	140	80	100·8	140	30	96·6
Quellwasser.....	70	40	57·1	450	250	327·1	200	110	152·8

Die Wurzeln der Keimlinge im destillirten Wasser waren schwach und braun, die Nebenwurzeln erster Ordnung ganz kurz.

Cucurbita Pepo.

15. Versuch; im Dunkeln angestellt.

Lösung	Hypocot. Glied nach 8 Tagen			Hypocot. Glied- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzel- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe		
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser ...	55	25	43	70	25	17·5	120	70	100·5
$MgSO_4$	10	10	10	120	20	55·7	40	25	33
KNO_3	50	20	34	45	20	34	150	30	40·5
HK_2PO_4	65	25	41·6	80	25	48·3	110	50	77·2
Kalkfr. Nährstoffl..	48	15	23·5	40	15	23·5	40	30	35
$Ca(NO_3)_2$	100	40	90	290	130	251·1	190	130	135
$Ca(NO_3)_2 - 2·5\%$.	100	40	81·6	270	120	213·3	200	120	147·1
Quellwasser.....	100	40	55	420	200	295·5	340	180	261·1
Nährstoffl.....	145	95	116·2	330	220	268·7	270	230	252·5

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

In der $MgSO_4$ waren die Wurzeln verfault, in der kalkfreien Nährstofflösung hatten sich fast keine Nebenwurzeln entwickelt, in den übrigen kalkfreien Medien war das Wurzelsystem weiss und die Nebenwurzeln erster Ordnung ziemlich gut entwickelt. In den genannten Flüssigkeiten wurden die Reservestoffe nicht verbraucht und die Pflanzen gingen unter der bekannten Erscheinung am hypocotylen Gliede zu Grunde. In den kalkhaltigen Medien erschöpften die Pflanzen die Reservestoffe, und zwar scheint auch hier die Anwesenheit der anderen Nährstoffe für die erreichte Grösse der Pflanzen vortheilhaft gewesen zu sein; allerdings zeigten die Pflanzen in den nur Kalk enthaltenden Lösungen dickere hypocotyle Glieder als in den completen Lösungen.

Cucumis sativus.

Auch die Pflanzen dieser Art verhielten sich bei einem in destillirtem und Quellwasser ausgeführten Versuche in der Weise, dass sich Kalkzufuhr als zum Verbrauche der Reservestoffe nothwendig erwies.

Brassica oleracea.

16. Versuch; im Dunkeln ausgeführt.

Lösung	Hypocot. Glied nach 11 Tagen	Hypocot. Glied- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzel-		
		Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser....	25	50	15	34·1	35	15	21·8
Kalkfr. Nährstoffl..	40	80	35	63·8	35	12	23·4
$Ca(NO_3)_2$	35	85	50	68·5	65	15	35
Nährstoffl.....	90	160	60	100·7	70	20	45·8

In den kalkfreien Medien waren die Wurzeln schwach entwickelt, mit wenig Nebenwurzeln versehen und bräunlich; die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Keimlinge verbrauchten ihre Reservestoffe nicht, sondern es trat die bekannte Erscheinung an dem hypocotylen Gliede ein.

In den kalkhaltigen Lösungen war das Verhalten der Pflanzen ein normales, es dürfte aber aus diesem Versuche noch hervorgehen, dass die Zufuhr anderer Nährstoffe neben dem absolut nothwendigen Kalke, für die Pflanzen von Vortheil ist, denn sowohl in der kalkhaltigen, wie kalkfreien Nährstofflösung waren die Pflanzen auffallend länger und stärker als in $Ca(NO_3)_2$ beziehungsweise im destillirten Wasser.

Brassica napus oleifera.

Wesentlich anders, wie der Kohl verhält sich der Raps. Es haben wiederholte, und unter verschiedenen Modificationen ausgeführte Versuche gezeigt, dass die Keimlinge auch bei vollkommener Abwesenheit des Kalkes in der Nährflüssigkeit im Stande sind, ihre Reservestoffe vollkommen zu verbrauchen, dass also die in den Samen vorhandene Kalkmenge dazu vollkommen genügt; dennoch war ein bedeutender Unterschied zwischen den Pflanzen in den verschiedenen Lösungen. Am kürzesten und dabei schwächsten waren die Keimlinge im destillirten Wasser, besser in der kalkfreien Nährstofflösung, etwas wieder besser im Kalke und bei weitem am schönsten in der completen Nährstofflösung. In dieser waren die Pflanzen straff, während in den anderen Medien die Pflanzen eine Neigung hatten, sich umzulegen.

Es seien folgende Zahlen zur Bekräftigung des Gesagten vorgebracht.

17. Versuch.

Es wurden die im Dunkeln gewachsenen, augenscheinlich dem Absterben in Folge Erschöpfung der Reservestoffe sich nährenden Pflanzen gemessen und es ergaben sich nachstehende Längen:

	Hypocot. Glied	Wurzeln
Destillirtes Wasser	44	24·8
Kalkfreie Nährstofflösung	52·2	28·6
$Ca(NO_3)_2$	54·4	33
Nährstofflösung	70·6	37·7

Die mikroskopische Untersuchung ergab vollständigen Verbrauch der Reservestoffe. Aus den Zahlen geht unzweifelhaft der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Nutzen der Zufuhr mineralischer Stoffe für die Pflanze auch während der Keimung hervor.

Sinapis alba.

Der Versuch verlief im Dunkeln und im feuchten Raume.

18. Versuch.

Lösung	Hypoc. Glied nach 9 Tagen	Hypocot. Glied- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzel-		
		Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Destill. Wasser....	35	55	30	45·5	55	25	36
Kalkfr. Nährstoffl..	55	70	35	52·5	45	20	27·1
$Ca(NO_3)_2$.....	45	70	30	53·5	40	25	30·5
Nährstoffl.....	65	90	45	70·7	45	25	37·7

In den Lösungen ohne Kalk starben die Pflanzen mit der bekannten Erscheinung und ohne die Reservestoffe verbraucht zu haben, ab; in den beiden kalkhaltigen Medien wurden die Reservestoffe vollkommen verbraucht. Die zu ziehenden Schlussfolgerungen sind genau dieselben wie bei *Brassica oleracea.*

Linum usitatissimum.

19. Versuch; ausgeführt im dunkeln feuchten Raume.

	Länge des hypocotyl. Gliedes am 22. Tage	Länge der Wurzeln am 22. Tage
Destillirtes Wasser.....	69·5	31·8
Kalkfreie Nährstofflösung	65·5	20·6
$Ca(NO_3)_2$.....	81·2	40
Nährstofflösung.....	79	38

Am 22. Tage, dem Tage der angegebenen Messungen, war in allen Lösungen ein Theil der Pflanzen zu Grunde gegangen und zwar auf normalem Wege. Die Untersuchung der Cotyle-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

donen ergab bei den todten Individuen Verbrauch der Reservestoffe; bei den noch frischen waren in den Cotyledonen der Pflanzen im destillirten Wasser und in der kalkfreien Nährstofflösung noch etwas Reservestoffe, in den beiden anderen Lösungen waren sie vollständig aufgezehrt. Es scheint danach beim Lein eine Zufuhr von Kalk zum Verbrauche der Reservestoffe nicht absolut nothwendig zu sein, wohl aber einen rascheren Verbrauch derselben und eine kräftigere Entwicklung der Pflanzen hervorzurufen.

Cannabis sativa.

Bei einem Versuche im Dunkeln erreichten die Pflanzen im destillirten Wasser eine durchschnittliche Länge des hypocotylen Gliedes von 55 Mm., der Wurzeln von 52·6 Mm. und starben dann unter der bekannten Erscheinung, bei Anwesenheit reichlicher Mengen von Reservestoffen ab.

Im Quellwasser erreichten die Pflanzen 131·1 Mm. im hypocotylen Gliede und 109 Mm. in den Wurzeln, nachdem die Reservestoffe verbraucht waren. Im destillirten Wasser waren die Wurzeln schwach braun und die Nebenwurzeln erster Ordnung sehr spärlich, im Quellwasser waren die Wurzeln normal.

Es ist also auch hier der Schluss zu ziehen, dass Zufuhr von Kalk zum Verbrauche der Reservestoffe nothwendig ist.

Papaver somniferum.

Bei der Kleinheit der Samen und Keimpflänzchen war es sehr schwer, sich über die zu untersuchenden Verhältnisse Klarheit zu verschaffen.

20. Versuch; im Dunkeln gemacht und im feuchten Raum. Es erreichten die Pflanzen folgende Längen:

	Hypocot. Glied	Wurzeln
Destillirtes Wasser	24·7	18
$Ca(NO_3)_2$	19·5	10
Nährstofflösung	27·5	17

Es hatten beim Absterben alle Pflanzen ihre Reservestoffe verbraucht, in der vollständigen Nährstofflösung starben sie aber rascher ab und zeigten ein kräftigeres Äussere als in den anderen Medien, so dass es den Anschein hat, als ob Kalkzufuhr allein für den Verbrauch der Reservestoffe nicht nur nicht nothwendig,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sondern auch ohne Vortheil ist, wohl aber alle Nährstoffe zusammen von günstiger Wirkung sind.

Lupinus luteus und *Lupinus perennis.*

Es ist schwierig, die Pflanzen in Lösungen, besonders in der Dunkelheit zu cultiviren; — es ist daher auch nicht gelungen, ganz sichere Resultate zu gewinnen. Es scheint, dass eine Kalkzufuhr für den Verbrauch der Reservestoffe nicht nothwendig ist, dass aber sämmtliche Nährstoffe vereinigt, kräftigere Keimpflanzen hervorrufen. Den Wurzeln scheint der Kalk in den Lösungen geradezu unvortheilhaft zu sein.

Helianthus annuus.

21. Versuch, im Dunkeln angestellt.

Lösung	Hypocot. Glied nach 9 Tagen			Hypocot. Glied-			Wurzeln-		
				Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe					
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel
Dest. Wasser	35	20	25·5	40	25	35	40	12	28·1
$MgSO_4$	30	10	18·0	.	.	.	.	.	.
KNO_3	45	20	31·5	65	25	45·5	30	10	22
HK_2PO_4	45	20	33	65	30	44·3	65	20	30·6
Kalkfr. Nährstoffl.	35	10	24·3	40	25	30·8	25	15	21·6
$Ca(NO_3)_2$	70	30	54	160	100	124	220	120	162
$Ca(NO_3)_2$ — 2·5% .	65	30	36·5	140	60	89·5	150	59	96·5
Quellwasser.....	75	25	50·5	160	50	126	220	160	191
Nährstoffl.	100	40	67	170	70	130	180	70	135

In $MgSO_4$ faulten die Wurzeln und in Folge dessen gingen die Pflänzchen vorzeitig zu Grunde. In KNO_3 waren die Wurzeln sehr schlecht, in den anderen kalkfreien Flüssigkeiten waren sie besser, aber nicht normal; letzteres war der Fall bei Anwesenheit von Kalk.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Auch hier zeigte sich wieder die Nothwendigkeit der Zufuhr von Kalk bei der Keimung, sollen die Reservestoffe vollkommen verbraucht werden; ein besonderer Einfluss der completen Nährstofflösung war bei dem angeführten Versuche nur am 9. Tage deutlich zu sehen — ein solcher ist aber jedenfalls vorhanden, denn bei einem anderen Versuche waren die Längen des hypocotylen Gliedes folgende:

$Ca(NO_3)_2$	152
Quellwasser	170
Nährstofflösung	190

Danach ist die Nährstofflösung jedenfalls von guter Wirkung.

In der $2{\cdot}5\%$ Kalklösung bleiben die Keimlinge etwas zurück, wahrscheinlich wegen der etwas zu concentrirten und daher schädigenden Lösung, wenigstens lässt sich dies aus der Beschaffenheit des Wurzelsystemes schliessen.

Carum Carvi.

Die mit den Samen des Kümmel zu wiederholtenmalen gemachten Versuche führten zu dem Ergebnisse, dass eine Zufuhr von Kalk während der Keimung zum Verbrauche der Reservestoffe nicht nöthig ist. Bei Abwesenheit von Kalk waren die Wurzeln etwas gebräunt, aber sonst normal entwickelt. Ein Unterschied in der Grösse bestand zwischen den Pflanzen, welche im destillirten Wasser, in der kalkfreien Nährstofflösung und in $Ca(NO_3)_2$ gewachsen waren, nicht; dagegen waren die in der vollständigen Nährstofflösung gewachsenen Pflanzen um etwa 10 Mm. länger, so dass also auch hier sich der Vortheil der Zufuhr sämmtlicher Nährstoffe für die Pflanze zeigte.

Zea Mays.

Von den Monocotyledonen sollte wenigstens eine Pflanzenart auf das in Rede stehende Verhältniss geprüft werden und es wurde hiezu der Mais gewählt. Wegen der bei den Versuchen auftretenden Unregelmässigkeiten mussten mehrere Versuche angestellt werden und seien die Resultate einiger derselben angeführt.

22., 23., 24., 25. Versuch; ausgeführt im Dunkeln.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lösung	Stengel- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Wurzel- Länge beim Absterben oder Erschöpfen der Reservestoffe			Es haben die Reservestoffe	
	Grösste	Kleinste	Mittel	Grösste	Kleinste	Mittel	verbraucht	nicht verbraucht
							Pflanzen	
22. Versuch.								
Destill. Wasser	140	90	111·2	90	80	85	2	6
Kalkfr. Nährstoffl.	170	50	130	180	100	151·4	6	1
$Ca(NO_3)_2$	230	160	187·1	230	110	177·8	7	.
Nährstoffl.	380	270	318·5	280	180	214·2	7	.
23. Versuch.								
Destill. Wasser	160	75	118·3	110	70	86·2	1	8
Kalkfr. Nährstoffl.	270	115	216·1	210	150	176	6	3
$Ca(NO_3)_2$	300	190	235	390	190	250·5	9	.
Nährstoffl.	380	300	332·5	310	200	235·7	8	.
24. Versuch.								
Destill. Wasser	160	95	131	130	70	100·5	2	8
Kalkfr. Nährstoffl.	195	80	133	200	130	171	2	8
$Ca(NO_3)_2$	265	125	181·1	320	140	218·7	9	.
Nährstoffl.	340	220	300	290	180	215	9	.
25. Versuch.								
Destill. Wasser	145	70	93·3	130	50	67·5	.	6
Kalkfr. Nährstoffl.	170	55	140·7	120	20	98·5	.	7
$Ca(NO_3)_2$	230	150	193·5	290	80	141·4	7	.
Nährstoffl.	350	280	314	220	110	165	5	.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wenn auch in den kalkfreien Lösungen einige Pflanzen ihre Reservestoffe vollkommen verbraucht haben, was jedenfalls auf einen grösseren Kalkgehalt der Samen schliessen lässt, so ist doch, wenn alle angeführten Versuche zusammengehalten werden, der Schluss nicht unerlaubt, dass auch die Maispflänzchen, sollen sie die Reservestoffe des Samens verbrauchen, eine Zufuhr an Kalk während der Keimung benöthigen. Die Art des Zugrundegehens der Pflanzen war eine etwas verschiedene von der der früheren Pflanzen, und auch die einzelnen Individuen verhielten sich ungleich. Bei der grösseren Zahl von Pflanzen wurden die Blätter von der Spitze aus braun, und es faulte dann die ganze Pflanze; bei anderen wurden zuerst die Blattscheiden und manchmal auch die Blattspreiten durchscheinend, glasig und gingen dann in Fäulniss über, und wieder bei einigen anderen Individuen wurden die Blattspitzen zuerst durchscheinend und dann erst braun. Die Art und Weise des Absterbens dürfte wohl dieselbe sein, wie Stohmann sie seinerzeit für die von ihm in kalkfreien Nährstofflösungen gezogenen Maispflanzen beschrieben hat.

Das Wurzelsystem in den kalkfreien Medien war nicht normal entwickelt, die Nebenwurzeln und die Wurzelhaare waren nur in geringer Zahl vorhanden, waren bräunlich und rollten sich spiralig zusammen. Die Pflanzen in den kalkhaltigen Medien waren in jeder Beziehung normal entwickelt.

Höchst auffallend ist beim Mais die Thatsache, dass die Pflanzen, welche in der vollkommenen Nährstofflösung gezogen wurden, um ein Bedeutendes grösser wurden, als die in der Kalklösung, was wieder ein Beweis dafür ist, dass die Zufuhr sämmtlicher Nährstoffe für manche Pflanzen von grossem Vortheile ist, wenn sie auch nicht im Stande sind, Kohlensäure zu assimiliren, sondern nur auf ihre Reservestoffe angewiesen sind. Die gute Wirkung der zugeführten Nährstoffe zeigte sich übrigens auch in den Pflanzen, welche in der kalkfreien Nährstofflösung wuchsen, denn diese waren immer grösser, als die in dem destillirten Wasser.

Die untersuchten Pflanzen lassen sich mit Bezug auf ihr Verhalten zur Ab- oder Anwesenheit des Kalkes und der anderen Nährstoffe in folgender Weise gruppiren:

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

1. Eine Zufuhr von Kalk ist bei der Keimung, wenn die Reservestoffe verbraucht werden sollen, absolut nothwendig bei:

Phaseolus multiflorus, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Vicia sativa*, *Errum Lens*, *Errum Errilia*, *Medicago sativa*, *Ricinus africanus*, *Soja hispida*, *Cucurbita Pepo*, *Cucumis sativus*, *Brassica oleracea*, *Cannabis sativa*, *Helianthus annuus*, *Zea Mays*.

2. Eine Zufuhr von Kalk ist nicht nothwendig bei:

Brassica napus oleifera, *Sinapis alba*, *Paparer somniferum*, *Carum Carri*, ist aber vortheilhaft bei *Polygonum fagopyrum*, *Linum usitatissimum*.

3. Sämmtliche Nährstoffe sind für die Entwicklung der Keimlinge vortheilhaft bei:

Polygonum fagopyrum, *Brassica oleracea*, *Brassica napus oleifera*, *Ricinus africanus*, *Cucurbita Pepo*, *Sinapis alba*, *Paparer somniferum*, *Helianthus annuus*, *Zea Mays*, *Carum Carri*.

4. Nährstoffe befördern die Entwicklung der Keimlinge auch wenn Kalk fehlt, durch eine kurze Zeit bei *Polygonum fagopyrum* und *Zea Mays*.

5. Neben Kalk sind ein oder mehrere Nährstoffe dem Keimlinge zum Zwecke des Verbrauches der Reservestoffe zuzuführen bei *Medicago sativa*.

Wenn auch durch die mitgetheilten Versuche constatirt war, dass einer Zahl von Pflanzen bei der Keimung Kalk zugeführt werden muss, damit sie nicht in der frühesten Entwicklung, lange vor dem Verbrauche der Reservestoffe zu Grunde gehen, so war doch durch dieselbe noch nicht festgestellt, ob die Kalkzufuhr nothwendig ist zur Ernährung der jungen Pflanze, oder ob nicht vielleicht von den kalkfreien Lösungen eine schädliche Wirkung, z. B. auf das Wurzelsystem der die Reservestoffe nicht verbrauchenden Pflanzen ausgeübt würde, die durch die Anwesenheit von Kalk aufgehoben würde. Es ist ja eine bekannte Thatsache, das gewisse Salze ungünstig auf das Wurzelsystem der Pflanzen wirken, ja dass auch destillirtes Wasser eine schädigende Wirkung haben kann.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Diejenigen, die sich bisher mit dieser Frage bei *Phaseolus multiflorus* beschäftigt haben, nahmen von vornherein die Nothwendigkeit des Kalkes zur Ernährung des Keimpflänzchens an, ohne die mögliche Schädigung in Rechnung zu ziehen — und, wenn auch die erstere Annahme die sehr viel wahrscheinlichere war, so musste doch auch die andere, und zwar in erster Reihe auf ihre Stichhaltigkeit geprüft werden.

Bei genauer Durchsicht der angeführten Versuche zeigt sich sehr bald, dass allerdings ein schädigender Einfluss einzelner Lösungen, besonders von $MgSO_4$ und der kalkfreien Nährstofflösung auf das Wurzelsystem angenommen werden muss; man findet aber auch sehr bald, dass die Differenzen in der Entwicklung der Wurzelsysteme sehr viel bedeutender sind, als die in der Entwicklung der oberirdischen Theile und dass sehr häufig die schwächere Wurzelentwicklung verbunden ist mit einer stärkeren Stengelentwicklung. Ebenso findet man, dass bei ganz ungleicher Wurzelentwicklung die erreichten Stengelhöhen die gleichen sind. Ich verweise z. B. auf den 2. Versuch, der mit verdünnten Lösungen angestellt wurde. In der Lösung von $MgSO_4$ war die Wurzellänge 50 Mm. und die Wurzeln waren sehr braun und missgestaltet, im destillirten Wasser erreichten die Wurzeln 86 Mm. und das System hatte wenig gelitten, war nur etwas gelblich, aber die Nebenwurzeln waren ziemlich gut entwickelt. Trotz dieser verschiedenen Wurzelausbildung waren die Stengelhöhen beim Absterben ziemlich die gleichen, eher noch zu Gunsten der Pflanzen in $MgSO_4$.

Solcher Beispiele lassen sich viele anführen, und es ist aus ihnen, besonders aber aus der Thatsache, dass im Allgemeinen (Ausnahmen sind durch die nicht zu eliminirende Ungleichheit des verwendeten Samenmateriales zu erklären) die Stengeln bis zum Absterben durchschnittlich die gleiche Höhe erreichen, der Schluss zu ziehen, dass, wenn auch eine Schädigung des Wurzelsystems vorliegt, das Absterben vor dem Verbrauche der Reservestoffe nicht durch diese hervorgerufen wird, sondern durch den Mangel des Kalkes, als Nährstoffes. Der in den Samen vorhandene, in der Menge mehr oder minder schwankende Kalk wurde verbraucht, und dann gingen die Pflanzen entsprechend der annähernden Gleichheit der Kalkmenge bei ziemlich gleicher Entwicklung zu Grunde.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zur Vervollkommnung der Beweisführung, dass der schädliche Einfluss der Lösungen auf das Wurzelsystem nicht Ursache der in Rede stehenden Erscheinung ist, mögen noch folgende Versuche dienen: Bei der mikroskopischen Untersuchung der Wurzeln zeigte sich da und dort, dass einzelne Zellen plasmolytisch waren. Dies führte dazu, zu untersuchen, ob die Ursache des Absterbens der Pflanzen vielleicht eine Folge von in den Wurzeln auftretender Plasmolyse sei, um so mehr, da auch die Art und Weise des Absterbens, die schon mehrfach geschildert wurde, an einen plasmolytischen Zustand erinnerte. Die Untersuchung der Wurzeln, besonders bei *Phaseolus multiflorus* und *Helianthus annuus*, ergab, dass in allen Medien, selbst in der Kalklösung und in der completen Nährstofflösung Theile der Wurzelhaube, etliche Wurzelhaare und auch einzelne Zellen des Wurzelgewebes plasmolytisch waren, dass in den kalkfreien Lösungen das Auftreten der Plasmolyse wohl etwas häufiger als in den kalkhältigen war, dass aber niemals die ganze Wurzel plasmolytisch war und sich die Plasmolyse auch nie auf die oberirdischen Theile, selbst nicht knapp über der Wurzel, erstreckte.

Die Annahme, dass diese nur partielle Plasmolyse einen Einfluss auf das Absterben der Stengel habe, wird besonders dadurch hinfällig, dass Helianthuspflanzen, welche in einer 2·5-percentigen und 5-percentigen Lösung von $Ca(NO_3)_2$ gezogen wurden, vollkommen plasmolytische Wurzeln besassen, die in ihrem Äusseren den Wurzeln aus der $MgSO_4$ vollkommen glichen und dennoch fortwuchsen, bis sie ihre Reservestoffe vollkommen verbraucht hatten. Dasselbe trat ein bei der Feuerbohne. Die Pflanzen, erwachsen in einer fünfpercentigen Lösung von $Ca(NO_3)_2$, erreichten eine Höhe von 313 Mm. und verbrauchten die Reservestoffe vollkommen, während die Wurzel nur 33 Mm. lang wurde. Eine Schädigung der Stengel durch die schlechten Wurzeln war natürlich bemerkbar, denn in der completen Nährstofflösung erreichten die Pflanzen eine Höhe von 635 Mm. in den Stengeln, und eine Wurzellänge von 211 Mm.

Endlich wäre noch anzuführen, dass, wenn den Keimlingen gleich beim Beginne der Keimung die Wurzeln weggenommen wurden und auch weiter die Wurzelbildung verhindert wurde, sowohl bei *Phaseolus multiflorus* wie *Ricinus africanus* die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Pflanzen sich weiter entwickelten und in den kalkfreien Medien wie gewöhnlich abstarben, in den kalkhaltigen Lösungen aber wuchsen, bis die Reservestoffe vollkommen verbraucht waren. Es starben Pflanzen von *Phaseolus multiflorus*, denen die Wurzeln genommen waren, in der kalkfreien Nährstofflösung ab bei einer Grösse von 35·4 Mm., in $MgSO_4$ bei 50 Mm. und erreichten die Individuen in der completen Nährstofflösung 300 Mm., wobei sie eine sehr reichliche Verzweigung zeigten. Wenn nach dem Vorhergehenden die Schädigung der Wurzeln durch die kalkfreien Lösungen nicht die Ursache des Absterbens der Pflanzen ist, so bleibt dann als nächstliegende Ursache nur die, dass der in den Samen vorhandene Kalk nicht hinreicht, um die übrigen Reservestoffe zu verbrauchen. Die Pflanzen entwickeln sich, so lange es die in den Samen vorhandene Kalkmenge erlaubt, und gehen nach Verbrauch derselben ein, wenn sie nicht im Stande sind Kalk von aussen aufzunehmen. Für die Richtigkeit dieser Ansicht spricht zunächst schon, dass, wie schon angeführt wurde, die oberirdische Entwicklung der Pflänzchen in den kalkfreien Medien eine ziemlich gleiche ist. Dass einzelne Pflanzen, besonders Wicken, hie und da bedeutend grösser werden, wie die übrigen, ja in Ausnahmefällen auch ihre Reservestoffe verbrauchen, lässt sich vielleicht durch einen höheren Kalkgehalt einzelner Samen erklären.

Wenn man ferner z. B. Samen der Feuerbohne durch einige Zeit in Hochquellenwasser oder in eine Lösung von $Ca(NO_3)_2$ legt, und dann die Samen zur Keimung in destillirtes Wasser bringt, so entstehen viel kräftigere Pflanzen und das Wachsthum dauert länger, d. h. die Reservestoffe werden mehr erschöpft, als wenn dieses Einquellen vorher nicht stattgefunden hat. Die gleiche Wirkung wird erzielt, wenn man die Keimlinge während kurzer Zeit aus der kalkfreien in die kalkhältige Flüssigkeit bringt, um sie dann wieder in erstere zurückzubringen. Einer von den ausgeführten Versuchen soll das Gesagte bestätigen.

26. Versuch.

Einige Keimlinge von *Pisum sativum* wuchsen durch drei Tage in destillirtem Wasser, andere während derselben Zeit in Quellwasser und dann kamen dieselben in die verschiedenen Lösungen. Der Versuch verlief im Dunkeln.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lösung	3 Tage im destill. Wasser gewachsen				3 Tag im Quellwasser gewachsen			
	1. Tag	6. Tag	Beim Absterben oder Verbrauche der Reservestoffe		1. Tag	6. Tag	Beim Absterben oder Verbrauche der Reservestoffe	
	Stengel	Stengel	Stengel	Wurzel	Stengel	Stengel	Stengel	Wurzel
$MgSO_4$	20	36	37	38·8	25	121	170	50
Kalkfr. Nährstoffl.	29	53	57	49·4	30·4	168	193·7	77·5
Nährstoffl.....	21·4	108	300	142	25·4	164	374	136

Es zeigt sich auf das schlagendste, dass die Pflanzen, welche durch drei Tage im Quellwasser wuchsen, bedeutend überlegen waren denen, die drei Tage in destillirtem Wasser waren. Da den Pflanzen die gleichen Lösungen zur Verfügung standen, so lässt sich das Übergewicht der einen über die anderen nur dadurch erklären, dass im Quellwasser die Pflanzen eine gewisse Menge von Kalk in sich aufgespeichert haben, den sie dann in den kalkfreien Lösungen wieder verbraucht haben.

Von Interesse ist noch folgende Tabelle (Seite 439) der Zusammensetzung der Trockensubstanz der Samen und der oberirdischen Theile von Pflanzen, die zu den früher angeführten Versuchen verwendet wurden. Die Zahlen sind ihrer grossen Mehrheit nach entnommen dem Werke von Emil Wolff „Aschenanalysen", nur die Analysen der Samen von *Ricinus* und *Phaseolus multiflorus* wurden im Laboratorium für chemische Technologie der Hochschule für Bodencultur ausgeführt. Für manche Arten waren Analysen nicht aufzufinden.

Bei Betrachtung dieser Tabelle kommt man zu dem Resultate, dass die Samen jener Pflanzen, denen Kalk bei der Keimung nicht zugeführt zu werden braucht, kalkreicher sind, als die der anderen kalkbedürftigen Arten. Nur *Polygonum fagopyrum* und *Linum usitatissimum* scheinen eine Ausnahme zu machen, denn ihr Kalkgehalt ist gering, — wir wissen aber, dass wenn diese Pflanzenarten auch den Kalk nicht absolut brauchen, er den Keimlingen doch von Vortheil ist. Die Zahlen für die grünen Pflanzen, resp.

Pflanzenart	Gehalt in 1000 Theilen Trockensubstanz								
	Samen				Stengel				
	Rein-Asche	Kalk	Kali	Phosphors.	Rein-Asche	Kalk	Kali	Phosphors.	
Phaseolus multiflorus	44·45	0·7	.	.	.	.	.	.	—
Phaseolus vulgaris	32·2	2·15	14·17	11·44	47·9	13·15	15·28	4·57	Stroh
Pisum sativum	27·3	1·31	11·77	9·80	74·9	18·76	27·86	8·20	Grünerbsen
					51·3	18·89	11·75	4·13	Stroh
Vicia sativa	31·0	2·49	9·34	11·38	67·2	19·61	23·60	7·43	Grün
					52·5	18·51	7·46	3·20	Stroh
Ervum Lens	20·6	1·31	7·16	7·48	.	.	.	.	—
Medicago sativa	.	.	.	.	73·8	30·02	17·38	6 27	Beginn d. Blüthe
Ricinus africanus	30·42	3·97	7·40	4·98	201·1	80·48	65·62	16·15	Blätter von *R. communis.*
Soja hispida	31·4	1·67	14·0	11 52	38·0	17·01	5·85	3·54	Stroh
Cannabis sativa	52·7	12·46	10·69	19·22	35·5	18·82	6·15	2·34	Stengel
Zea Mays	14·5	0·32	4·32	6·57	60·6	8·28	21·25	6·06	Grünmais
					53·3	5·76	19·35	4·42	Stroh
Brassica napus oleifera	44·4	6·30	10·88	18·80	49·2	13·96	13·42	2·93	Stroh
Sinapis alba	42·0	8·08	6·78	16·77	.	.	.	.	—
Papaver somniferum	60·4	21·36	8·23	18·94	57·8	17·48	21·94	1·87	Stroh
Carum Carvi	53·3	9·62	14·02	12·95	.	.	.	.	—
Polygonum fagopyrum	13·7	0·61	3·16	6·67	82·3	33·26	25·41	5·02	Grün in der Blüthe
					61·5	11·34	28·82	7·31	Stroh
Linum usitatissimum	36·9	2·99	11·30	15·31	35·3	7·85	10·96	4·64	Stengel

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

das Stroh, lassen allerdings auf die Zusammensetzung der Keimlinge keinen sicheren Schluss zu, sie sind aber doch insoferne lehrreich, als aus ihnen hervorgeht, dass die Trockensubstanz der oberirdischen Theile viel reicher an Kalk ist als die der Samen, während der Unterschied mit Bezug auf Kali und Phosphorsäure nicht so bedeutend ist. Dieser bedeutendere Verbrauch an Kalk gegenüber den übrigen Aschenbestandtheilen in den Stengeltheilen und seine verhältnissmässig geringe Menge in den Samen machen das Bedürfniss der Pflanzen nach Kalk schon in den ersten Entwicklungsstadien begreiflich.

Nach all dem Mitgetheilten ist, so viel ich glaube, als sicher festgestellt anzusehen, dass wir eine ziemlich grosse Zahl von Pflanzen besitzen, deren Samen in der Weise unvollständig zusammengesetzt sind, dass, wir wollen jetzt von Ausnahmen absehen, der Kalk nicht in genügender Menge vorhanden ist, um einen Verbrauch der Reservestoffe zu bewirken, dass somit, wenn eine Zufuhr von Kalk nicht von aussen stattfindet, ziemlich bald nach dem Beginne der Keimung und lange vor dem Verbrauche der Reservestoffe das Mass der Entwicklung einer Pflanze gegeben ist durch die Menge des im Samen enthaltenen Kalkes. Dass Marek[1] gegen diesen schon von Böhm für *Phaseolus multiflorus* ausgesprochenen Satz polemisirt, hat seinen Grund in dem von ihm bei seinen Experimenten benützten, nicht genügend reinem destillirtem Wasser; wäre das Wasser wirklich rein gewesen, so hätte er das Absterben seiner Pflanzen *(Phaseolus vulgaris)* in destillirtem Wasser beobachten müssen. Andererseits ist auch wieder nicht die Richtigkeit des durch Versuche und durch die Erfahrungen aufmerksamer Pflanzenzüchter gewonnenen Satzes zu bestreiten, dass grosse Samen grosse, kleine Samen aber kleine Pflanzen liefern. In den grösseren Samen ist ein grösserer Embryo, eine grössere Menge von Reservestoffen, daher auch von Kalk vorhanden, und es ist daher die Möglichkeit der Erzeugung grösserer Individuen gegeben. Diese grösseren Pflanzen werden aber ebenso wie die kleineren aus kleinen Samen unbedingt nach dem Verbrauche des in ihnen vorhandenen Kalkes zu Grunde

[1] Über den physiologischen Werth der Reservestoffe in den Samen von *Phaseolus vulgaris*. Habilitationsschrift. 1877.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gehen. Bei einem Versuche erreichten die Pflanzen der Feuerbohne aus grossen Samen gezogen in destillirtem Wasser eine Höhe von 82 Mm., die aus kleinen Samen eine solche von 67 Mm. und starben dann ab.

Wenn früher gesagt wurde, die Pflanzen sterben vor der Erschöpfung ihrer Reservestoffe ab, weil der in den Reservestoffen vorhandene Kalk verbraucht ist, so ist dies nicht ganz genau. Es ist in dem Momente des Absterbens der Pflanze, z. B. der Feuerbohne, immerhin noch eine nicht unbedeutende Menge von Kalk in den Cotyledonen vorhanden; wenn trotzdem die Pflanzen zu Grunde gehen, und nicht zu Grunde gehen, wenn ihnen rechtzeitig Kalk dargeboten wird, so folgt daraus, dass der noch vorhandene Kalk in einer solchen Form vorhanden sein muss, dass er nur ganz allmälig in Lösung gebracht und als Baustoff verwendet werden kann, und dass die geringe, frei werdende Menge nicht mehr hinreicht, um die wachsende Pflanze genügend mit Kalk zu versehen.

Eine Analyse ergab, dass die Cotyledonen von absterbenden Pflanzen, gezogen in destillirtem Wasser, 4·989 Percent Reinasche bezogen auf T. S., und die Asche 1·750 Percent Kalk enthielten. Für Cotyledonen von Pflanzen gleichen Alters, welche in Quellwasser wuchsen, waren die betreffenden Zahlen 4·678 und 4·5. Die letzteren enthielten also viel mehr Kalk, die ersteren besassen aber immerhin noch so viel, dass von einer vollständigen Erschöpfung des Kalkes nicht gesprochen werden kann.

Dadurch wird auch die den früheren Versuchsanstellern schon bekannt gewesene Erscheinung erklärt, dass einige Zeit nach dem Absterben des Haupttriebes Seitentriebe sich bilden, die wieder nach einiger Zeit absterben, und dieses Erscheinen von Seitentrieben und Absterben derselben wiederholt sich einige Male, ohne dass aber dadurch jemals eine auch nur annähernde Erschöpfung der Reservestoffe stattfindet.

Raumer und Kellermann führen die Bildung von Seitentrieben darauf zurück, dass durch das Faulen des Haupttriebes Kalk wieder frei würde und dieser nun zur Bildung der Seitentriebe in Verwendung käme.

Um vollkommen dessen sicher zu sein, dass die Bildung von Seitentrieben vor sich gehen kann auch nur auf Kosten des Kalkes

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in den Reservestoffen der Cotyledonen wurden die absterbenden Haupttriebe gleich nach Eintritt der bekannten Erscheinung abgeschnitten. Der Kalk der sich nun bildenden Seitentriebe kann dann selbstverständlich nur aus den Cotyledonen hergekommen sein. Die Seitentriebe wurden auch wirklich gebildet und der Umstand, dass immer einige Zeit vergeht, bis die Seitentriebe sich zu entwickeln beginnen, spricht dafür, dass die Löslichmachung des Kalkes in den Cotyledonen nur langsam vor sich geht.

Trotzdem ist auch die Ansicht von Raumer und Kellermann richtig, denn wenn man die Haupttriebe nicht abschneidet, sondern nach und nach von oben nach unten herabfaulen lässt, so entwickeln sich die Seitentriebe schneller, stärker und in grösserer Zahl, als wie in dem oben erwähnten Falle.

Diese Thatsache ist übrigens auch ein Beweis dafür, dass nicht eine Wurzelschädigung die Erscheinung hervorruft, sondern der Mangel des Kalkes als Nährstoffes; wäre die Wurzel so geschädigt, dass die Pflanzen desshalb zu Grunde gehen müssten, so könnten ja auch die Seitentriebe sich nicht entwickeln. An das bisher Ausgeführte muss sich selbstverständlich die Frage anschliessen, zu welcher Thätigkeit im Pflanzenkörper der Kalk nothwendig sei.

Allgemein bekannt ist bis jetzt, dass man Kalk in den Zellwänden unserer phanerogamen Pflanzen findet, und dass nach der Veraschung derselben ein Skelett zurückbleibt, das jedenfalls zum grössten Theile aus Kalk besteht, wie man das durch Behandlung des Skelettes mit Schwefelsäure nachweisen kann. Trotzdem können wir nicht mit Bestimmtheit sagen, welche Function der Kalk in der Pflanze hat. Böhm ist der Ansicht, dass der Kalk unentbehrlich sei, um die bereits vorhandenen, assimilirten Nährstoffe im Formbestandtheile des Pflanzenleibes umzuwandeln. Um aus der Stärke, dem Zucker u. s. w. die Zellwand aufzubauen, ist der Kalk ebenso nothwendig wie für die Metamorphose des Knorpels zu Knochen. Der Kalk bildet das Skelett der Zellwand.

Er führt dann weiter aus, dass bei jenen Pflanzen, bei welchen wegen Kalkmangels kein weiterer Zellenbau stattfinden kann, merkwürdig genug, auch die weitere Zuleitung des organischen Baustoffes aus den Reservebehältern zu den naturgemässen Verbrauchsstätten unterbleibt, dass also ein nothwendiger

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

allerdings räthselhafter Zusammenhang des Transportes dieser Baustoffe mit dem Kalke besteht. Nach seiner Angabe findet man bei den normal erwachsenen Feuerbohnen wenig Stärke in den unteren, bedeutend mehr in den oberen Stengeltheilen; bei den kalkfrei erzogenen dagegen seien die unteren Stengeltheile in Folge der Stärkestockung überfüllt, die oberen Theile, also die Faulstelle, und ober- wie unterhalb stärkeleer.

Raumer und Kellermann schliessen sich im Allgemeinen den Böhm'schen Ausführungen an, und bestätigen die Stärkestockung. Sie bringen aber die Stärkestockung nicht mit dem Kalke in directen Zusammenhang, weil sonst die Rückwärtsbewegung der Kohlehydrate nicht erklärbar wäre und sind der Ansicht, dass der Kalk seine Rolle spielt bei der Umwandlung der Reserve- resp. Assimilationsstoffe in Baustoffe, der Stärke in Cellulose.

Ich habe in erster Reihe mich bemüht, die Stärkestockung zu studiren und bin zu dem Resultate gekommen, dass diese Stärkestockung nicht vorhanden ist.

Das schlagendste Beispiel gegen die Stärkestockung liefern die Ricinuspflanzen. Wenn man in Folge Kalkmangels abgestorbene Ricinuspflanzen mikroskopisch oder nach der von Böhm angegebenen Methode makroskopisch, untersucht, so findet man die ganze Pflanze von den im Endosperm noch befindlichen Cotyledonen an bis in die Wurzel dicht mit Stärke erfüllt, ganz so wie eine gesunde Pflanze.

Bei *Phaseolus multiflorus* habe ich sehr häufig Pflanzen gefunden, bei denen reichlich Stärke in der absterbenden Stelle und auch oberhalb derselben nachzuweisen war; manchmal, wenn auch seltener war in dieser Stelle und oberhalb keine Stärke zu finden, doch ist dies der grossen Zahl der entgegengesetzten Fälle gegenüber nicht beweisend und kann wohl angenommen werden, dass da noch die Stärke verbraucht wurde, während die Störung im Wachsthume schon begonnen hatte. Es wäre übrigens ganz leicht begreiflich, dass in einer Pflanze, welche unter Kalkmangel leidet, auch eine Störung im Transport der Stärke eintreten kann, ohne dass der Kalk direct damit im Zusammenhange steht. In der bei weitem grössten Zahl der Fälle ist diese Störung nicht vorhanden. Ganz das Gleiche gilt von der Erbse und hatte ich,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

da ich mit mehreren Erbsensorten arbeitete, Gelegenheit zu beobachten, wie ungleich, wenigstens beim Wachsthum im Dunkeln, die Wanderung der Kohlehydrate, speciell der Stärke, bei den einzelnen Sorten und den einzelnen Individuen einer Sorte ist. Bei der kleinen grünen Felderbse konnte in keinem Individuum, ob kalkfrei oder mit Kalk erzogen, Stärke im Stengel nachgewiesen werden; bei der Zuckererbse enthielten die Pflanzen aus dem destillirten Wasser keine Stärke, die aus der completen Nährstofflösung bald Stärke im ganzen Stengel, bald nur im obersten Theile, bald war der ganze Stengel stärkefrei. Bei der gelben Klunkererbse war reichlich Stärke in einer Pflanze, welche in der Kalklösung gewachsen war, gar keine Stärke in einer solchen aus der completen Nährstofflösung, die ebenso viel Kalk enthielt, wie die Kalklösung.

Durch diese Unregelmässigkeiten wird wohl der Irrthum mit der Stärkestockung zu erklären sein, und behalte ich mir vor, diese eben erwähnten Verhältnisse noch näher zu studiren.

Wie für die bisher genannten Pflanzen lässt sich auch eine Stärkestockung nicht nachweisen für *Vicia sativa*, *Ervum Lens*, *Cucurbita Pepo*, *Zea Mays*.

Es bleibt noch übrig die Besprechung der Ansicht Böhm's, nach der der Kalk nothwendig sei zur Bildung des Skelettes der Zellwand und der Ansicht der Herren Raumer und Kellermann, die annahmen, dass der Kalk nothwendig ist zur Umwandlung der Stärke im Cellulose. Ich glaube, man könnte folgende Fälle vielleicht als möglich annehmen: entweder der Kalk ist in irgend einer Weise nothwendig, um die Stärke in Cellulose umzuwandeln, oder er hat, unabhängig von der Bildung der Cellulose als Bestandtheil in die Zellwand einzutreten oder endlich als dritter Fall ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der Kalk nothwendig sei zur Bildung des Protoplasma.

Ich bemerke im Vorhinein, dass es mir trotz vielfacher Bemühungen nicht gelungen ist, Beweise für die eine oder die andere Ansicht beizubringen; ich will nur versuchen genau zu präcisiren, wie die Erscheinung des Absterbens eintritt, weil vielleicht andere Forscher daran anknüpfend, andere Thatsachen zur Lösung der Frage finden könnten. Zunächst schien es mir nothwendig, den Kalkgehalt der absterbenden Theile von kalkfrei

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

erzogenen Bohnen zu bestimmen. Zu diesem Zweeke wurden Bohnen erzogen in destillirtem und in Quellwasser, und als die ersteren abstarben, wurden alle Bohnen halbirt und die oberen wie unteren Stengeltheile getrennt, sowie auch die Cotyledonen untersucht. Das Resultat gibt die folgende Tabelle:

Quellwasser:

	Cotyled.	untere Stengelh.	obere Stengelh.
Trockensubstanz %	25·814	6·105	7·758
Reinasche %	4·678	7·307	8·657
Kalk in der Reinasche %	4·500	3·560	4·49

Destillirtes Wasser:

	Cotyled.	untere Stengelh.	obere Stengelh.
Trockensubstanz %	28·937	7·480	8·713
Reinasche %	4·989	7·229	8·159
Kalk in der Reinasche %	1·750	1·313	0·798

Wir finden in erster Reihe, dass die Cotyledonen der absterbenden Pflanzen noch ziemlich bedeutende Mengen von Kalk enthalten haben, ferner sehen wir, dass der Aschengehalt der kalkfrei erzogenen Pflanzen nur wenig geringer ist, als der der normalen; — hauptsächlich aber bemerken wir, dass die obere Stengelhälfte der absterbenden Pflanzen wesentlich weniger Kalk enthält als die der gesunden. Wenn wir auch annehmen können, dass bei der Cultur der Pflanzen im Quellwasser eine Luxusconsumtion an Kalk stattgefunden hat, so finden wir doch, dass der obere wachsende Stengeltheil mehr Kalk enthielt als der untere, während bei den absterbenden Pflanzen das Verhältniss ein umgekehrtes ist; normaler Weise sollte auch hier, wenn auch weniger Kalk im Allgemeinen in der Pflanze vorhanden ist, der obere Stengeltheil kalkreicher sein als der untere.

Dass der Kalkmangel wirklich eintritt an jener Stelle, wo das Absterben erfolgt, wird auch dadurch bewiesen, dass, wenn man im destillirten Wasser wachsende Pflanzen rechtzeitig an der Stelle des gewöhnlichen Absterbens mit einer ganz schwachen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Kalklösung vorsichtig bepinselt, so dass von der Lösung nichts in das Wasser gelangt, man im Stande ist die Pflanzen zu erhalten und wachsen zu lassen bis sie ihre Reservestoffe verbraucht haben.

Es lag mir weiter daran, zu bestimmen, an welcher Stelle das Absterben beginnt und es war nicht schwer durch Messungen zu constatiren, dass bei *Phaseolus multiflorus* und bei den anderen Pflanzen die mehrfach beschriebene Erscheinung des Absterbens regelmässig eintritt an der Stelle des stärksten Wachsthums, dort wo die grösste Streckung der Zellen vor sich geht, so dass jedenfalls der Kalk nothwendig ist zum Aufbau, resp. zur Streckung der Zellen.

Wenn man das Absterben genau von den ersten Zeichen an verfolgt, so sieht man folgende Erscheinungen. Eine Stelle innerhalb der stärksten Wachsthumszone beginnt die Farbe etwas zu verändern, wird glasig und dieses glasig und durchsichtigwerden nimmt rapid zu, während gleichzeitig oder auch manchmal kurz vorher und zwar bei gekrümmten Stengeltheilen oder hypocotylen Gliedern immer an der inneren Seite Tropfen austreten. Dieser Zustand dauert einige Zeit, dann collabirt und schrumpft die Stelle ein, während gleichzeitig schon eine Missfärbung durch Fäulniss eintritt.

Wir haben hier eine Erscheinung, welche sich vielleicht in der Weise deuten lässt, dass in Folge aufgehobenen Filtrationswiderstandes der Zellsaft aus den Zellen heraustritt, ganz so wie bei künstlich hervorgerufener Plasmolyse, worauf dann natürlich ein Collabiren und Faulen eintreten muss. Ich konnte auch auf das genaueste beobachten, dass wenn die Pflanzen in einem warmen, feuchten Raume gehalten wurden, der Turgor in den Zellen also ein erhöhter war, das Absterben viel rascher, die Erscheinung des Glasigwerdens und des Tropfenaustrittes viel präciser war, als wenn die Luft mehr kühl und trocken war.

Obwohl die mikroskopische Untersuchung eine Veränderung im Primordialschlauch nicht erkennen liess, sondern nur collabirte Zellwände, so glaube ich doch, dass vielleicht die Annahme nicht von vorneherein von der Hand zu weisen wäre, dass möglicherweise der Kalk nothwendig ist für die Bildung des Protoplasma, und dass wenn dieser fehlt die Plasmamembran nicht im Stande ist, dem osmotischen Drucke zu widerstehen, daher den

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zellinhalt filtriren lässt, worauf die betreffende Stelle den Turgor verliert. Ich verdanke der Güte des Herrn Professors Wiesner die freundliche Mittheilung, dass Pflanzen von *Phaseolus multiflorus*, gehalten in einer sauerstofffreien Atmosphäre, dieselbe Erscheinung des Absterbens zeigen, wie sie bei Kalkmangel eintritt. Die von mir nach Wiesner's Angabe wiederholten Versuche ergaben die Richtigkeit dieser Beobachtung nicht nur für die Feuerbohne, sondern auch für *Ricinus africanus*, *Pisum sativum*, *Ervum Lens*, *Phaseolus vulgaris*. Es liegt hier ziemlich nahe, eine schädliche Wirkung des Sauerstoffmangels auf das Protoplasma, als dem Träger der Lebensfunctionen, und nicht auf die Zellwand anzunehmen, und sollte die Richtigkeit dieser Annahme festgestellt werden, so liesse sich aus der Analogie der Erscheinungen beim Absterben vielleicht der Schluss ziehen, dass auch bei Kalkmangel der geschädigte Theil das Protoplasma sei.

Andererseits wissen wir aber auch, dass Kalk in jeder Zellwand vorkommt, und die angeführten Erscheinungen liessen sich wohl auch noch in der Weise erklären, dass die Zellhaut ohne Kalk nicht gebildet werden kann. Es ist sicher, dass, wie Pfeffer sagt, hohe osmotische Druckkräfte, wie sie thatsächlich bestehen, nur zu Stande kommen, indem die genügend resistente Zellwand als Widerlage dient. Ist nun die Zellwand, vielleicht in Folge Kalkmangels, unvollkommen, so hört ihrerseits der Widerstand auf, die Plasmamembran wird zerrissen, der Zellinhalt tritt aus und der Turgor wird aufgehoben.

Es ist heute noch unmöglich sich für die eine oder die andere Annahme zu entscheiden, es werden noch weitere Thatsachen aufzufinden sein, um volles Licht über die Function des Kalkes in der Pflanze zu verbreiten.